

## DAFTAR ISI

NOMOR PERSOALAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Hipotesis .....	3
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Manfaat .....	4
1.6. Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Kereta Api .....	5
2.2. Getaran .....	5
2.3. IRV-MS ( <i>Intelligent Railway Vibration Monitoring System</i> ) .....	6
2.4. Perpindahan Panas ( <i>Heat Transfer</i> ) .....	7
2.4.1. Konduksi .....	7
2.4.2. Konveksi .....	9
2.4.3. Radiasi .....	10
2.5. Pengukuran .....	12
2.5.1. Pengukuran Temperatur .....	12
2.5.2. Pengukuran Dimensi .....	14
2.6. Alat Penukar Panas ( <i>Heat Exchanger</i> ) .....	14

2.7. <i>Heatsink</i> (Peredam Panas).....	15
2.7.1. Resistensi Pada <i>Heatsink</i> .....	16
2.8. CFD ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> ).....	20
2.8.1. Persamaan Navier-Stokes .....	20
2.8.2. Metode Diskritisasi .....	24
2.8.3. <i>Mesh Generation</i> .....	25
2.8.4. <i>Boundary Condition</i> .....	27
2.8.5. <i>Computational Fluid Dynamics Process</i> .....	28
2.9. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) .....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	30
3.1.1. Studi Literatur .....	31
3.1.2. Pengambilan Data Aliran Panas .....	31
3.1.3. Pengumpulan Parameter Simulasi CFD .....	33
3.1.4. Simulasi CFD ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> ) .....	33
3.1.5. Komparasi Data .....	33
3.1.6. Modifikasi Parameter Simulasi IRV-MS.....	33
3.1.7. Simulasi CFD Setelah Modifikasi .....	33
3.1.8. Analisa Hasil Setelah Modifikasi .....	34
3.1.9. Penulisan Laporan.....	34
3.2. Metode Pengumpulan Data .....	34
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.4. Alat dan <i>Software</i> Penelitian .....	35
3.4.1. Alat Penelitian.....	36
3.4.2. <i>Software</i> untuk Penelitian .....	37
3.5. Komponen Perangkat Keras IRV-MS .....	38
3.6. <i>Governing Equation</i> .....	41
3.6.1. <i>Boundary Conditions</i> (BC) .....	41
3.7. Proses Pembuatan Simulasi CFD .....	42
3.7.1. Tahap <i>Pre-processing</i> .....	42
3.7.2. Tahap <i>Processing</i> .....	47

3.7.3. Tahap <i>Post-Processing</i> .....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	59
4.1. Data Hasil Pengujian Eksperimental .....	59
4.2. Kriteria Hasil <i>Meshing</i> .....	60
4.3. Analisis Hasil Simulasi .....	61
4.3.1. <i>Temperature Contour</i> .....	62
4.3.2. <i>Velocity Vector</i> .....	63
4.4. Komparasi Hasil Simulasi CFD .....	64
4.5. Simulasi Pengembangan Perangkat Keras IRV-MS .....	65
4.5.1. Hasil Simulasi IRV-MS A .....	65
4.5.2. Hasil Simulasi IRV-MS B .....	69
4.5.3. Hasil Simulasi IRV-MS C .....	73
4.5.4. Hasil Simulasi IRV-MS D .....	76
4.5.5. Hasil Simulasi IRV-MS E .....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	85
5.1. Kesimpulan .....	85
5.2. Saran .....	85
DAFTAR PUSTAKA .....	86
LAMPIRAN .....	91

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Intelligent Railway Vibration-Monitoring System</i> .....	2
Gambar 1.2. Kerusakan komponen dikarenakan aliran panas .....	2
Gambar 2.1. Perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi .....	7
Gambar 2.2. Tanda konvensi untuk aliran panas konduksi .....	9
Gambar 2.3. (a) Spektrum elektromagnetik; (b) Bagian radiasi termal dari spektrum elektromagnetik .....	11
Gambar 2.4. Resistensi pada <i>heatsink</i> .....	17
Gambar 2.5. Penyebaran fluks pada <i>heatsink</i> .....	18
Gambar 2.6. <i>Structured Mesh</i> (a) <i>structured uniform</i> ; (b) <i>structured non-uniform</i> .....	26
Gambar 2.7. <i>Boundary condition</i> .....	27
Gambar 2.9. Proses dari CFD .....	28
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	31
Gambar 3.2. Letak pemasangan <i>probe thermocouple</i> .....	32
Gambar 3.3. Proses pengambilan data aliran panas .....	32
Gambar 3.4. <i>Enclosure box</i> IRV-MS .....	39
Gambar 3.5. Layout komponen elektronik perangkat keras IRV-MS .....	40
Gambar 3.6. Model 3D komponen elektronik IRV-MS .....	42
Gambar 3.7. Model 3D <i>enclosure box</i> IRV-MS .....	43
Gambar 3.8. Hasil simplifikasi komponen elektronik IRV-MS .....	44
Gambar 3.9. Hasil simplifikasi <i>enclosure box</i> IRV-MS .....	44
Gambar 3.10. Bentuk <i>domain</i> pada simulasi <i>icepak</i> .....	45
Gambar 3.11. Visualisasi <i>global mesh</i> .....	46
Gambar 3.12. Visualisasi <i>mesh region</i> .....	47
Gambar 3.13. <i>Datasheet electrical characteristic</i> mikrokontroler 1 pada 3.3 volt .....	50
Gambar 3.14. <i>Datasheet electrical characteristic</i> mikrokontroler 2 pada 3.3 volt .....	50
Gambar 3.15. <i>Datasheet electrical characteristic</i> modul GPS pada 3.0 volt .....	51
Gambar 3.16. Sisi inlet pada domain .....	52
Gambar 3.17. <i>Flow specification</i> dari inlet .....	53
Gambar 3.18. Sisi outlet pada domain .....	53
Gambar 3.19. <i>Flow specification</i> pada outlet .....	54
Gambar 3.20. Pengaturan <i>icepac solve setup</i> pada <i>general tab</i> .....	55
Gambar 3.21. Pengaturan <i>icepac solve setup</i> pada <i>convergence tab</i> .....	55
Gambar 3.22. Pengaturan <i>Under-Relaxation Factor (URF)</i> .....	56
Gambar 3.23. Pengaturan <i>icepac solve setup</i> pada <i>radiation tab</i> .....	57
Gambar 3.24. Pengaturan <i>ambient conditions</i> .....	57

Gambar 4.1. Grafik nilai temperatur pada pengujian eksperimental .....	60
Gambar 4.2. Kriteria <i>mesh quality</i> .....	61
Gambar 4.3. Visualisasi <i>Temperature Contour</i> pada desain <i>existing</i> .....	62
Gambar 4.4. Visualisasi <i>velocity vector</i> pada simulasi desain <i>existing</i> .....	64
Gambar 4.5. Tampak depan desain IRV-MS A .....	66
Gambar 4.6. Tampak belakang desain IRV-MS A .....	66
Gambar 4.7. Visualisasi <i>temperature contour</i> IRV-MS A .....	67
Gambar 4.8. Visualisasi <i>velocity vector</i> IRV-MS A .....	68
Gambar 4.9. Perbandingan temperatur maksimal IRV-MS A dan desain <i>existing</i> .....	69
Gambar 4.10. Tampak depan desain IRV-MS B .....	69
Gambar 4.11. Tampak belakang desain IRV-MS B .....	70
Gambar 4.12. Visualisasi <i>temperature contour</i> IRV-MS B .....	71
Gambar 4.13. Visualisasi <i>velocity vector</i> IRV-MS B .....	72
Gambar 4.14. Perbandingan temperatur maksimal IRV-MS B dan desain <i>existing</i> .....	72
Gambar 4.15. Tampak depan desain IRV-MS C .....	73
Gambar 4.16. Tampak belakang desain IRV-MS C .....	73
Gambar 4.17. Visualisasi <i>temperature contour</i> IRV-MS C .....	74
Gambar 4.18. Visualisasi <i>velocity vector</i> IRV-MS C .....	75
Gambar 4.19. Perbandingan temperatur maksimal IRV-MS C dan desain <i>existing</i> .....	76
Gambar 4.20. Bagian dalam desain IRV-MS D .....	77
Gambar 4.21. Visualisasi <i>temperature contour</i> IRV-MS D .....	78
Gambar 4.22. Visualisasi <i>velocity vector</i> IRV-MS D .....	79
Gambar 4.23. Perbandingan temperatur maksimal IRV-MS D dan desain <i>existing</i> .....	80
Gambar 4.24. Bagian dalam desain IRV-MS E .....	81
Gambar 4.25. Visualisasi <i>temperature contour</i> IRV-MS E .....	82
Gambar 4.26. Visualisasi <i>velocity vector</i> IRV-MS E .....	83
Gambar 4.27. Perbandingan temperatur maksimal IRV-MS E dan desain <i>existing</i> .....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis alat pengukur temperatur dengan sensor tipe kontak.....	13
Tabel 2.2. Jenis alat pengukur temperatur dengan sensor tipe non-kontak .....	13
Tabel 2.3. Jenis alat pengukur dimensi .....	14
Tabel 3.1. Timeline pengerjaan proyek akhir .....	35
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>thermocouple probe</i> yang digunakan .....	36
Tabel 3.3. Spesifikasi komputer personal yang digunakan.....	37
Tabel 3.4. Material <i>box enclosure</i> IRV-MS.....	39
Tabel 3.5. Layout komponen elektronik perangkat keras IRV-MS .....	40
Tabel 3.6. Suhu kondisi operasi pada komponen yang diuji .....	41
Tabel 3.7. Pengaturan ukuran <i>fluid domain</i> .....	45
Tabel 3.8. Material yang digunakan pada simulasi.....	48
Tabel 3.9. <i>Material properties</i> pada material yang digunakan .....	49
Tabel 3.10. <i>Thermal input</i> pada simulasi .....	51
Tabel 4.1. Nilai suhu eksternal pada pengujian eksperimental.....	59
Tabel 4.2. Nilai temperatur pada komponen pada pengujian eksperimental .....	59
Tabel 4.3. Nilai minimum, maksimum, dan rata-rata pada pengujian eksperimental .....	60
Tabel 4.4. Hasil <i>mesh</i> pada simulasi desain <i>existing</i> .....	61
Tabel 4.5. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> pada desain <i>existing</i> .....	63
Tabel 4.6. Perbandingan data temperatur eksperimental dan simulasi desain <i>existing</i> .....	64
Tabel 4.7. Iterasi pengembangan desain perangkat keras IRV-MS .....	65
Tabel 4.8. Kriteria <i>meshing</i> desain IRV-MS A.....	66
Tabel 4.9. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> IRV-MS A .....	67
Tabel 4.10. Kriteria <i>meshing</i> desain IRV-MS B .....	70
Tabel 4.11. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> IRV-MS B .....	71
Tabel 4.12. Kriteria <i>meshing</i> desain IRV-MS C .....	74
Tabel 4.13. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> IRV-MS C .....	75
Tabel 4.14. Dimensi <i>heatsink</i> pada desain IRV-MS D .....	77
Tabel 4.15. <i>Material properties heatsink</i> pada desain IRV-MS D .....	77
Tabel 4.16. Kriteria <i>meshing</i> desain IRV-MS D.....	78
Tabel 4.17. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> IRV-MS D .....	79
Tabel 4.18. Dimensi heatsink pada desain IRV-MS E.....	81
Tabel 4.19. <i>Material properties</i> heatsink pada desain IRV-MS E.....	81
Tabel 4.20. Kriteria <i>meshing</i> desain IRV-MS E .....	82
Tabel 4.21. Data temperatur pada <i>thermal monitor</i> IRV-MS E.....	83